

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-043605

(43)Date of publication of application : 16.02.1996

(51)Int.Cl. G02B 3/02  
B29C 69/00  
B29D 11/00  
C03B 11/00  
G02B 3/08  
G02B 5/18  
// B29L 11:00

(21)Application number : 06-180116

(71)Applicant : RICOH OPT IND CO LTD

(22)Date of filing : 01.08.1994

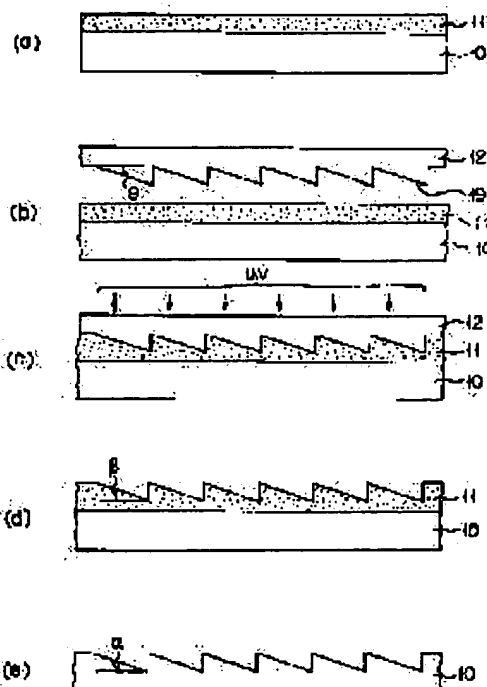
(72)Inventor : UMEKI KAZUHIRO  
SATOU MASANORI  
SATO MASAOKI

## (54) OPTICAL DEVICE AND ITS PRODUCTION

### (57)Abstract:

PURPOSE: To realize a novel optical device having  $\geq 1$  desired wedge shapes.

CONSTITUTION: Mold transfer to the surface of a transfer material 11 is executed by using a matrix 12 having  $\geq 1$  projecting shapes 19 corresponding to a desired wedge shape to form the layer of the transfer material 11 having  $\geq 1$  transfer wedge shapes meeting the projecting shape of the matrix on the surface of a device material 10. The transfer material 11 and the device material 10 are subjected to anisotropic dry etching, thereby,  $\geq 1$  transfer wedge shapes are engraved and copied on the device material 10 and  $\geq 1$  desired wedge shapes are formed on the device material.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 01.08.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3666905

[Date of registration] 15.04.2005

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-43605

(43)公開日 平成8年(1996)2月16日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B 3/02				
B 2 9 C 69/00		2126-4F		
B 2 9 D 11/00		2126-4F		
C 0 3 B 11/00	A			
G 0 2 B 3/08				

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 13 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平6-180116

(22)出願日 平成6年(1994)8月1日

(71)出願人 000115728

リコー光学株式会社

岩手県花巻市大畑第十地割109番地

(72)発明者 梅木 和博

岩手県花巻市大畑第10地割109番地・リコー光学株式会社内

(72)発明者 佐藤 昌仙

岩手県花巻市大畑第10地割109番地・リコー光学株式会社内

(72)発明者 佐藤 正明

岩手県花巻市大畑第10地割109番地・リコー光学株式会社内

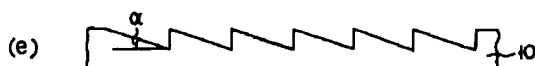
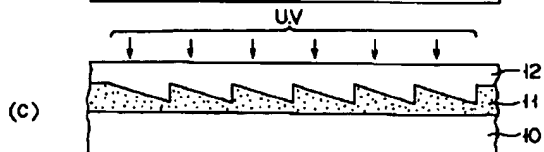
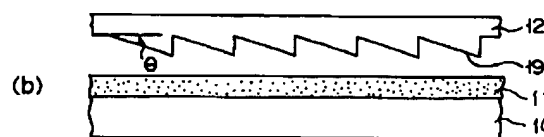
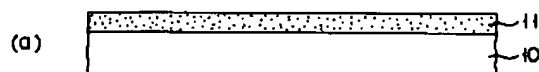
(74)代理人 弁理士 樺山 亨 (外1名)

(54)【発明の名称】 光学デバイスおよびその製造方法

(57)【要約】

【目的】 所望の楔形状を1以上有する、新規な光学デバイスを実現する。

【構成】 所望の楔形状に対応する凸形状19を1以上有する母型12を用いて転写材11の表面への型転写を行い、母型の凸形状に応じた1以上の転写楔形状を表面形状として持つ転写材11の層をデバイス材料10の表面上に形成し、転写材11およびデバイス材料10に対して異方性のドライエッチングを行い、1以上の転写楔形状をデバイス材料10に彫り写し、デバイス材料に所望の楔形状を1以上形成する。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 所望の楔形状を1以上有する光学デバイスを製造する方法であって、

上記所望の楔形状に対応する凸形状を1以上有する母型を用いて転写材の表面への型転写を行い、上記母型の凸形状に応じた1以上の転写楔形状を表面形状として持つ転写材の層を、デバイス材料の表面上に形成する転写工程と、

上記転写材およびデバイス材料に対して異方性のドライエッチングを行い、上記1以上の転写楔形状をデバイス材料に彫り写し、デバイス材料に上記所望の楔形状を1以上形成するエッチング工程とを有することを特徴とする光学デバイス製造方法。

【請求項2】 請求項1記載の光学デバイス製造方法において、

転写材が光硬化性材料であり、転写工程において、転写材に光照射しつつ、母型の1以上の凸形状の型転写を行うことを特徴とする光学デバイス製造方法。

【請求項3】 請求項1記載の光学デバイス製造方法において、

転写材が熱硬化性材料もしくは熱可塑性材料であって、転写工程において、転写材を加熱しつつ、母型の1以上の凸形状の型転写を行うことを特徴とする光学デバイス製造方法。

【請求項4】 請求項1または2または3記載の光学デバイス製造方法において、

エッチング工程における選択比を、1からずらすことにより、デバイス材料に形成される楔形状の斜面部の傾きを、転写楔形状の斜面部の傾きと異ならせるか、または選択比を連続的および／または段階的に変化させることにより、デバイス材料に形成される1以上の楔形状の斜面部を凹曲面もしくは凸曲面とすることを特徴とする光学デバイス製造方法。

【請求項5】 請求項1または2または3または4記載の光学デバイス製造方法において、

デバイス材料として、金属材料もしくはセラミックス材料が用いられることを特徴とする光学デバイス製造方法。

【請求項6】 請求項1または2または3または4記載の光学デバイス製造方法において、

デバイス材料として、透明な基体の表面に、上記基体と屈折率の異なる材料による楔形状形成層が所望の厚さに形成されたものが用いられ、

1以上の所望の楔形状が上記楔形状形成層に形成されることを特徴とする光学デバイス製造方法。

【請求項7】 請求項1または2または3または4または5または6記載の光学デバイス製造方法により製造される光学デバイス。

【請求項8】 請求項7記載の光学デバイスにおいて、複数の楔形状が、光軸に対して垂直な面内に同心円状に

2

配列形成され、楔形状の配列ピッチおよび／または高さが、上記同心円の半径方向へ順次変化し、楔形状の斜面部が曲面化されたフレネル形状を有すること特徴とする光学デバイス。

【請求項9】 請求項7記載の光学デバイスにおいて、複数の直線的な楔形状が長手方向に直交する方向へ互いに平行に配列され、楔形状の配列ピッチ及び／または高さが、上記方向に順次変化し、楔形状の斜面部がシリンダ面状に曲面化された形状を有することを特徴とする光学デバイス。

【請求項10】 請求項9記載の光学デバイスで、楔形状の斜面部が曲面であるものを2枚組み合わせ有する、多芯光ファイバー光軸合わせ光学デバイス。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、光学デバイスおよびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 光学素子の屈折面や反射面に、非球面に代表される特殊な面形状が使用されるようになってきている。非球面のような特殊な面形状は機械的な研磨で創成することが容易でなく、通常は型を用いた成形加工により作製される場合が多い。

【0003】 このため、この種の特殊な面を持つ光学デバイス、例えば、非球面の屈折面を持つレンズなどは、その殆どがプラスチック材料を用いたプラスチック成形品として作製されており、材料選択の余地が少ない点が問題となっている。

【0004】 所望の面形状を、型を用いてガラス表面に創成する技術として「ガラスプレス法」が知られているが、使用される型は、ガラスに形成する際の高温・高圧に耐えなければならず、高温下での酸化に対する耐性も必要である。

【0005】 このため、ガラスプレス法に用いられる「型」はコストが高く、しかも高温・高圧下で使用されるため、材料を選択するにもかかわらず「型としての寿命」はさほど長くない。

【0006】 また、例えば楔形状のような特殊な形状では「型」が複雑な形状となり、型の表面に鋭角の部分があるため、この部分の耐久性が著しく低下したり、型の凹部のコーナー部分へのガラス材料の流動が起こり難いため、正確な形状をプレスすることが困難である等の問題もある。

【0007】 一方、屈折面や反射面の形状を型成形や研磨によらずに創成する方法として、光学材料の表面にフォトレジストの層を形成し、この層を例えば、円形や楕円形にパターンニングし、その後、上記層を加熱して、フォトレジストの熱流動によりフォトレジストの表面を曲面形状化し、しかる後に、フォトレジストと光学材料とに対してエッチングを行い、フォトレジスト表面の曲面

形状を光学材料に彫り写すという方法が提案されている（例えば、特開平5-173003号公報：請求項16）。

【0008】この方法は、微小な曲面の形成方法として適しているが、露光できるフォトレジスト層の厚みに自ずと限度があり、例えば、曲率がある程度以上大きな面は形成できない。

【0009】また、熱流動によりフォトレジスト表面に生成する表面形状の制御が必ずしも容易でなく、意図した通りの曲面を正確に形成することが難しい。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】この発明は、上述した事情に鑑みてなされたものであって、所望の楔形状を1以上有する、新規な光学デバイスの提供を目的とする（請求項7～9）。

【0011】この発明の別の目的は、上記新規な光学デバイスを製造するための新規な光学デバイス製造方法の提供にある（請求項1～6）。

【0012】この発明の他の目的は、形成する楔形状の斜面部の、曲率に対する自由度が大きく、上記斜面部が所望の曲率を持つ光学デバイスを容易且つ確実に製造できる新規な光学デバイス製造方法を提供することである（請求項4）。

【0013】この発明の更に他の目的は、上記光学デバイスを2枚、組み合わせる有する多芯光ファイバー光軸合わせ光学デバイスの提供にある（請求項10）。

【0014】

【課題を解決するための手段】この発明の光学デバイス製造方法は「所望の楔形状を1以上有する光学デバイスを製造する方法」である。

【0015】「楔形状」は、断面が楔状を有する形状であり、楔を形成する斜面部は平面状とすることも曲面状とすることもできる。

【0016】請求項1記載の光学デバイス製造方法は、転写工程と、エッチング工程とを有する。

【0017】「転写工程」は、デバイス材料に形成すべき所望の楔形状に対応する凸形状を1以上有する母型を用いて、転写材の表面への型転写を行い、上記母型の凸形状に応じた1以上の「転写楔形状」を表面形状として持つ転写材の層を、デバイス材料の表面上に形成する工程である。

【0018】「エッチング工程」は、転写材およびデバイス材料に対して異方性のドライエッチングを行い、上記1以上の転写楔形状をデバイス材料に彫り写し、デバイス材料に所望の楔形状を1以上形成する工程である。

【0019】「デバイス材料」は、その表面に「楔形状」を形成された光学デバイスの実質部分となるものである。

【0020】デバイス材料の表面に形成される個々の楔形状の平面的な形、即ち、個々の楔形状をデバイス材料

表面に直交する方向から見た形状は、通常のプリズムのように、稜線部が直線状である場合や、稜線部が円形や楕円形をなす場合、稜線部が長方形や多角形状をなす場合等、種々の形状が可能である。

【0021】母型に転写形状として形成される1以上の「凸形状」は、その平面的な形が、上記楔形状の平面的な形と同じパターンであり、個々の凸形状の断面形状は、形成されるべき楔形状の断面形状と対応関係にある。

10 【0022】上記凸形状により母型に形成される「転写面の形状」は、デバイス材料の表面に形成される楔形状と対応した形状である。上記転写面の形状が転写材に転写されたものが「転写楔形状」である。

【0023】デバイス材料に複数の楔形状が形成される場合、各楔形状の配列パターンには種々のパターンが可能である。

【0024】例えば、透明なデバイス材料に複数の楔形状が、デバイス材料表面に直交する軸に対して同心円状に、且つ、異なる勾配を持つ形状で形成された場合には、この光学デバイスを、上記軸を光軸とする「フレネルレンズ」として利用出来る。即ち、この場合、楔形状の斜面部に凸の曲率を持たせると、通常の光学レンズと同様の光学性能を発揮する。

【0025】この場合、楔形状の平面的な形状を「楕円形」にすると、アナモフィックなフレネルレンズを実現できる。

30 【0026】あるいは、「稜線部が直線状の楔形状」を、長手方向に直交する方向へ互いに平行に配置し、各楔形状の斜面部が異なる勾配を持つようにした場合に、CCDとの組み合わせによって波長センサーとして使用できる。

【0027】また、「稜線部が直線状の楔形状」を、長手方向に直交する方向へ互いに平行に配置した光学デバイスを2枚、各光学デバイスにおける楔形状の配列方向が互いに直交するように組み合わせたものは、多芯光ファイバーの光軸補正デバイスの一部として利用することができる。

【0028】上記「転写材」は、母型の持つ1以上の凸形状に従って変形し、母型の分離後、変形状態を維持でき、異方性のエッチングが可能なものであれば何でも良い。

【0029】転写材として好適なものとして、紫外線硬化樹脂等の各種「光硬化性材料」を挙げることができる。

【0030】光硬化性材料は「光に反応する反応促進剤を内部に有し、光が照射されるとラジカルを発生する物質によって硬化反応が進行する構成物質からなる有機高分子材料」であり、この中には、光を照射することによって硬化反応が進行するものも含まれる。

50 【0031】光硬化性材料を転写材として用いる場合

は、転写工程において、転写材に光照射しつつ、母型から1以上の凸形状の転写を行うことができる(請求項2)。この場合、硬化用の光を照射できるためには、母型およびデバイス材料のうちの、少なくとも一方は、照射光に対して透明である必要があり、これらのうちの透明なものを介して硬化用の光を照射する。

【0032】転写材として好適なものの他の例として、「熱硬化性材料もしくは熱可塑性材料」を挙げることができる。

【0033】熱硬化性材料は「硬化温度以上の温度で、熱により高分子材料の橋かけ反応が進行し、加熱時の形状がそのまま保持される有機高分子材料」である。

【0034】転写剤として用いる熱可塑性材料は、「加熱により変形可能な状態となり、加熱を停止することにより変形状態を維持することができ、ドライエッチングの可能なもの」であれば何でも良く、各種レジストや、「光感光性のラジカル発生剤が添加されていない有機材料」を用いることが出来る。レジストとしては、公知のフォトレジストを用いても良い。

【0035】熱可塑性材料の具体的な例としては、ポリ塩化ビニル、ポリスチレン、ポリウレタンやポリグリシジルメタクリレート樹脂等のメタクリレート類を挙げることができる。

【0036】これら熱硬化性材料もしくは熱可塑性材料を転写材として用いる場合には、転写工程において、転写材を加熱しつつ、母型の1以上の凸形状の転写を行うことができる(請求項3)。

【0037】この場合、熱硬化性材料の転写材の場合は、当初は変形可能な状態であり、母型の凸形状に応じて変形させた後、もしくは変形させつつ加熱により硬化させて変形状態を固定する。

【0038】また、熱可塑性材料の転写材の場合には、当初、固体状態である転写材に母型の凸形状を押圧しつつ転写材を加熱し、軟化状態で凸形状を転写し、その後、加熱を停止して変形状態を固定する。

【0039】上記請求項1～3記載の光学デバイス製造方法では、転写工程の最後は「母型と転写材の層との剥離」であるが、この剥離を容易にするため、母型の表面に、真空蒸着による金属化合物材料や有機フッ素化合物のように、表面で分子間力の大きな物質からなる材料で構成される物質層を形成したり、あるいは、フッ素化合物ガスを導入した雰囲気条件下で母型表面をプラズマ処理し、表面をフッ素化して表面での接触角度の大きな状態に処理する等の「表面処理」を行った母型を利用することができる。

【0040】あるいはまた、上記「剥離」の際に、母型と転写材の層との間に「温度差」を与え、所謂「ヒートショック」を利用して剥離を行っても良い。

【0041】「母型」は、アルミニウムや銅、ステンレス等やニッケル鍍金の各種金属や石英や合成石英等を材

料として形成することができる。母型の表面に形成される1以上の凸形状の形成方法としては、例えば、以下の如き方法を利用できる。

【0042】即ち、「母型材料の表面上に平滑な上端面を有するフォトレジスト膜を形成し、このフォトレジスト層にフォトリソグラフィ法によって、凸形状に応じた形状パターンをパターンニングしたのち、フォトレジストと母型材料をエッチングして、凸形状を母型材料の表面に形成する」のである。

【0043】あるいは、高精度に数値制御可能な超精密加工機によって「母型」材料の表面をダイヤモンドバイトで切削又は研削加工して「母型」を製作しても良い。

【0044】また、転写工程を実行するに際しては、予め、デバイス材料上に転写材の層を形成したものに母型を押し当てて転写を行っても良いし、母型の凸形状に形成された面に流動性の転写材を塗布し、転写材を硬化後、デバイス材料上に転写材を固定しても良く、あるいは上述の如く流動性の転写材の塗布後、転写材を母型とデバイス材料で挟持した状態で硬化を行っても良い。

【0045】さらには、母型とデバイス材料とを近接対向させ、両者の間隙に、流動性の転写材を流し込み、もしくは注入してから硬化させてもよい。

【0046】また、エッチング工程において行われる異方性のエッチングは、その選択比を1として行えば、転写材の表面に形成された転写楔形状を、そのまま合同的にデバイス材料に彫り写して楔形状とすることができる。

【0047】しかし、1と異なる「一定の選択比」でエッチング工程を行えば、デバイス材料に彫り写される楔形状は、転写楔形状の高さを、圧縮もしくは拡大した形状の楔形状をデバイス材料に形成でき、楔形状の斜面部の傾きを転写楔形状の斜面部の傾きと異ならせることができ、「選択比を連続的および/または段階的に変化させる」ことにより、デバイス材料に形成される1以上の楔形状の斜面部の形状を凸または凹の曲面形状とすることができる(請求項4)。

【0048】この場合、凸または凹の曲面形状は、その断面形状が「円弧状」もしくは「楕円弧状」のもののほか、公知の非球面の式で表されるような断面形状のものも可能である。

【0049】上に説明した、請求項1～4記載の光学デバイス製造方法において用いられる「デバイス材料」は、エッチングが可能なものであれば特に制限無く使用することができ、石英や合成石英、BK-7等の各種ガラス等、あるいはNd:YAG, Nd:YAB, Nd:YVO<sub>4</sub>, Nd:YLiF<sub>4</sub>等、特開平173003号公報第7欄第30～33行開示により公知の各種レーザー材料、KNbO<sub>3</sub>、KTiOPO<sub>4</sub>等の非線形物質等、或いは各種結晶等の透明な材料を用いることが出来ることは言うまでもないが、デバイス材料として、「金属材料

もしくはセラミックス材料」を用いることもできる（請求項5）。

【0050】この場合、製造された光学デバイスは、上記「母型」として使用することもでき、あるいはその表面に反射膜を形成して、反射光学デバイスとして使用することもできる。

【0051】また、上記請求項1～5記載の光学デバイス製造方法においては、デバイス材料として、「透明な基体の表面に、上記基体と屈折率の異なる材料による楔形状形成層が所望の厚さに形成されたもの」を用い、10 以上の所望の楔形状を楔形状形成層に形成してもよい（請求項6）。このように、デバイス材料は、透明な基体と楔形状形成層とにより複合的に構成されることができ。

【0052】請求項7記載の光学デバイスは、上記請求項1～6記載の何れかの方法により製造される光学デバイス自体である。

【0053】上記請求項1～6記載の光学デバイス製造方法において、転写材として使用できる前記「熱可塑性材料」は、充填される相手型に対する親和性を有すること20 を条件として、前記のものの中から適宜のものを選択して使用することができる。また、請求項1～6記載の発明におけるエッチング工程で行う異方性のドライエッチングは「ECRプラズマエッチング」が好適である。

【0054】請求項1～6記載の発明の光学デバイス製造方法により製造される光学デバイス（請求項7）は、楔形状の具体的な形状やその配列態様により種々の形態のものが可能であり、「複数の楔形状を、光軸に対して垂直な面内に同心円状に配列形成し、楔形状の配列ピッチ30 および／または高さを、同心円の半径方向へ順次変化し、楔形状の斜面部が曲面化されたフレネル形状を有する」ように、即ち、例えば、楔形状の高さが一定で、楔形状の配列ピッチが異なり、光軸から離れるに従ってピッチが狭くなるようにしたり、あるいは、楔形状の配列ピッチが一定で、光軸から離れるに従って楔形状の高さが低くなるようにすることができる（請求項8）。

【0055】あるいはまた、「複数の直線的な楔形状（稜線部が直線状の楔形状）が長手方向に直交する方向へ互いに平行に配列され、楔形状の配列ピッチ及び／40 または高さが、上記方向に順次変化し、楔形状の斜面部がシリンダ面状に曲面化された形状を有する」ように、即ち、例えば、直線状の楔形状が1方向に配列し、楔形状の高さが一定で、楔形状の配列ピッチが異なり、上記方向にピッチが狭くなるようにしたり、あるいは、楔形状の配列ピッチが一定で、一方向に楔形状の高さが低くなるようにしたりすることができる（請求項9）。

【0056】請求項9記載の光学デバイスで楔形状の斜面部が曲面であるものを2枚組み合わせることにより、多芯光ファイバー光軸合わせ光学デバイスを構成するこ50

とが可能となる（請求項10）。

【0057】

【作用】図1を参照して、請求項1記載の発明を説明する。図1（a）において、符号10は「デバイス材料」を示す。デバイス材料10の平坦な表面に、所望の厚さに転写材11の層が形成されている。この例で、デバイス材料10は透明な材質である。また、転写材11は、この例において、光硬化性材料である「紫外線硬化樹脂」であり、図1（a）の状態においては「軟質状態」である。

【0058】図1（b）において、符号12は「母型」を示している。

【0059】母型12は、この例において、合成石英等の透明な材料で形成され、その表面には、デバイス材料10に形成すべき「楔形状」に対応する1以上の凸形状19が形成されている。凸形状19は、デバイス材料10に形成すべき楔形状を正確に凹凸反転させた形状である。

【0060】母型12は、この例では合成石英等の透明な材料で形成されているが、母型の材料はこれに限らず、前述のように凸形状の形成が可能な材質であれば、金属やセラミックス等でも良い。

【0061】図1（c）に示すように、転写材11の層の表面に、母型12の凸形状19を有する面を押しつける。このとき、転写材11の層は軟質状態であるので、転写材11は、母型12の凸形状19に従って変形する。この状態で、母型12を介して紫外光（U. V.）を照射し、転写材11を硬化させる。

【0062】転写材11が硬化したら母型12を分離する（d）。このとき、前述のように、母型12と転写材11とに温度差を与え、「ヒートショック」を利用すると、分離を容易に行うことができる。

【0063】この例では、上述の如く、デバイス材料10は透明材料であるから、転写材硬化のための紫外光照射をデバイス材料10を介して行うようにすることもでき、この場合には、母型12の表面に前述した金属薄膜等の離型膜を形成したり、離型処理を施したりすることができる。

【0064】図1（a）～（d）が「転写工程」である。

【0065】転写材として「熱硬化性樹脂」を用いる場合には、加熱により硬化させることはいうまでもない。また、転写材として「熱可塑性材料」を用いる場合には、加熱により転写材を軟化させつつ、母型12を押圧して表面形状を転写する（請求項3）。

【0066】転写工程後は、図1（d）に示す如く、転写材11の表面に、母型12の表面の1以上の凸形状19に対応する1以上の「転写楔形状」が形成されている。

【0067】そこで、この状態から、異方性のドライエ

ッチングを、転写材11とデバイス材料10とに行い、転写材11の表面の1以上の転写楔形状を、デバイス材料10に彫り写すエッチング工程を実行すると、図1(e)に示すように、所望の楔形状を1以上有する光学デバイスを得ることができる。

【0068】このエッチング工程の際、転写材11に対するエッチング速度と、デバイス材料10に対するエッチング速度の比、即ち、選択比を1とすれば、母型12の表面の凸形状19を写した転写楔形状に、そのまま、即ち合同的に対応する楔形状を、デバイス材料10に彫り写すことができる。

【0069】エッチング工程における選択比を1から異なれば、デバイス材料10に彫り写される楔形状は、転写材11に型転写された転写楔形状を、その高さ方向に「一律に拡大もしくは縮小した形状」となるが、いずれにしても、転写材11に形成された転写楔形状に対応した形状となる。

【0070】選択比を1より小さく(大きく)することにより、デバイス材料10に形成される楔形状の斜面部の傾き角(図1(d)の角:  $\alpha$ )を小さく(大きく)することができる。

【0071】次に選択比と、楔形状との関連に就き説明する。

【0072】エッチング工程の際に、選択比を連続的および/または段階的に変化させることにより、デバイス材料10に彫り写される楔形状の斜面部の形状を「曲面化」することができる(請求項4)。

【0073】図2(a)の状態から、異方性のドライエッチングを行うと、デバイス材料10の表面が露呈されるまでは、固化した転写材11が、選択比に拘り無く均一にエッチングされる。

【0074】デバイス材料10の表面が現れた段階からは、選択比の値によって、転写材11とデバイス材料10のエッチング速度が異なる。

【0075】選択比は、(デバイス材料のエッチング速度) / (転写材のエッチング速度) で定義されるから、設定された選択比により、デバイス材料と転写材との相対的なエッチング速度が定まる。従って、選択比の設定条件によって、エッチング結果の楔形状の制御が可能である。

【0076】選択比とエッチング結果の楔形状高さとの関係をモデル的に説明する。

【0077】例えば、図1(d)の状態から選択比を0.5として異方性のドライエッチングを行うと、(デバイス材料のエッチング速度) / (転写材のエッチング速度) = 0.5の関係から、「転写材のエッチング速度」は、「デバイス材料のエッチング速度」の2倍である。

【0078】従って、エッチングにより転写材11が「2  $\mu$ m」侵刻される間に、デバイス材料10は「1  $\mu$

m」しか侵刻されない。

【0079】従って、デバイス材料10の基板表面が現れた段階から、転写材11の最大高さ分が全部侵刻されたときには、デバイス材料10に彫り込まれた楔形状の最大高さは、転写材11の最大高さの半分になる。

【0080】即ち、デバイス材料10に彫り写された楔形状の高さは、転写材11の表面形状である転写楔形状の高さを1/2に縮小したものとなり、楔形状の斜面部の傾き(図1(e)の角:  $\alpha$ )を用いて「 $\tan \alpha$ 」で与えられる)は、転写楔形状の斜面部の傾き(図1(d)の角:  $\beta$ )を用いて、「 $\tan \beta$ 」で与えられる)の1/2となる。

【0081】一方、選択比を2.0として異方性のドライエッチングを行うと、「転写材のエッチング速度」は、「デバイス材料のエッチング速度」の0.5倍である。

【0082】従って、エッチングにより、転写材11が「1  $\mu$ m」侵刻される間に、デバイス材料10は「2  $\mu$ m」侵刻される。

【0083】従って、デバイス材料10の基板表面が現れた段階から、転写材11の最大高さが全部侵刻されたときには、デバイス材料10に彫り込まれた楔形状の最大高さは、転写材11の転写楔形状の最大高さの2倍になる。

【0084】即ち、デバイス材料に形成された楔形状の最大高さは、転写材11の表面の転写楔形状の再高さを2倍に拡大したものとなり、楔形状の斜面部の傾き(前記「 $\tan \alpha$ 」)は、転写楔形状の斜面部の傾き(前記「 $\tan \beta$ 」)の2倍となる。

【0085】即ち、エッチング工程における、「1より大きな選択比」は、デバイス材料に形成される楔形状の斜面部の傾きを転写材に形成された転写楔形状の斜面部の傾きよりも大きくするように作用し、「1より小さな選択比」は、デバイス材料に形成される楔形状の斜面部の傾きを転写材に形成された転写楔形状の斜面部の傾きよりも小さくするように作用する。

【0086】上の説明では、選択比を一定としたが、例えば、エッチング工程の途中で「選択比を次第に大きく」すると、異方性のドライエッチングによる侵刻が進むに従い、彫り写される楔形状は、時間的に後から侵刻される(より大きな選択比で侵刻される)部分ほど、斜面部の傾きが大きくなった形状となる。

【0087】図2(a)の状態から、当初、選択比を1として異方性のドライエッチングを開始し、次第に選択比を大きくして、最終的には選択比を2まで上昇させると、図2(b)に示すように、斜面部が凹曲面化し、「楔の先端部が尖鋭化した楔形状」をデバイス材料10に形成できる。

【0088】逆に、エッチング工程の途中で「選択比を次第に小さく」すると、エッチングによる侵刻が進むに



従い、彫り写される楔形状は、時間的に後から侵刻される部分（より小さい選択比で侵刻される）ほど、斜面部の傾きが次第に小さくなった形状となる。

【0089】例えば、図2（a）の状態から、当初、選択比を1として異方性のドライエッチングを開始し、次第に選択比を小さくして、最終的には選択比を0.2まで低下させると、図2（c）に示すように、斜面部が凸曲面化し、「楔の先端部が鈍磨した楔形状」をデバイス材料10に形成できる。

【0090】図2（b）、（c）は一例であり、異方性エッチングの途中において、選択比の変化を制御することにより、斜面部の形状を、周知の非球面式で表現できるような任意の形状（図2（d））とすることも可能である。

【0091】この際、選択比の制御は、コンピュータで実現することが出来る。例えば、図2（a）における固化した転写材11の表面形状（転写楔形状）が「出発形状」で、図2（d）のような、「斜面部の断面形状が凹の非球面形状をもつ形状」が目的形状であるとする、1例として以下のような手順で進めるのである。

【0092】まず、選択比を制御するためのパラメータを定め、上記出発形状から目的形状を得るために、上記パラメータをどのように制御すべきかを、コンピュータシミュレーションする。

【0093】即ち、上記パラメータの種々の時間変化に応じて、デバイス材料10の面形状が、侵刻によりどのように変化するかを調べ、出発形状から目的形状に到る面形状変化をシミュレーションにより追跡しつつ、どのような選択比制御が最も適しているかを調べる。

【0094】次に、このようにして得られた選択比の変化を、実際にパラメータの変化で実現しつつ実験を行い、制御の様子を補正し、実際に出発形状から目的形状を得られるような制御条件を決定する。

【0095】このようにして決定された制御条件をプログラム化し、実際のエッチング装置における「選択比制御」をプログラム制御すれば良い。勿論、出発形状となる転写楔形状と選択比制御とを組み合わせることにより、また、楔形状の斜面部が凹曲面であるか凸曲面であるかに拘らず、種々の非球面形状を斜面部形状としてもつ楔形状の形成が可能である。

【0096】なお、物理的なエッチングは化学エッチングに比べて制御が容易であり、しかも、同一の出発形状に対し、選択比の制御を同一にすれば、常に同一の目的形状が得られる。即ち、再現性に優れている。

【0097】従って、「エッチング工程」は、物理的なエッチングで行うことが好ましく、特にECRプラズマエッチングによるドライエッチングは、エッチング工程用のエッチングとして好適である。

【0098】

【実施例】以下、具体的な実施例を説明する。

【0099】実施例1（請求項1、2記載の発明の実施例）

図1に示したデバイス材料10として、合成石英材料の「平行平板」を使用した。転写楔形状を型転写するための転写材11の1例として、「エポキシ材料：1に対し、アクリル材料：9の割合で配合した嫌気性の紫外線硬化性材料（接着剤）」を使用した。

【0100】母型12としては、無酸素銅材料の表面に電気Ni鍍金した平板に、予め、高さ：91 $\mu$ m、斜面部の傾き（図1（a）の角： $\theta$ ）：20度の楔状の凸形状を、ピッチ：250 $\mu$ mで1列鋸歯状に10個並べた形状を型形状として超精密加工形成したものを用意した。転写面には、離型性を高めるため、トリアジンのフッ素化合物による「表面処理」を施した。

【0101】上記母型の凸形状を上に向けて設置し、母型上の3箇所厚さ：94 $\pm$ 2 $\mu$ mのスペーサーを配置し、母型の上面に上記嫌気性の紫外線硬化性材料による転写材を塗布したのち、デバイス材料である合成石英材料の平行平板を、転写材上から静かに乗せ、転写材とデバイス材料の間および母型と転写材の間に含まれた気泡を泡出した。

【0102】ついで、デバイス材料の上方から均一に加重をかけ、母型・スペーサー・デバイス材料の3者が接触して3層構造を形成するまで保持する。このとき、余分の転写材は、母型とデバイス材料の間から流れ出る。

【0103】次いで、加重を取り除き、転写材の硬化に十分な紫外線2500mJ/cm<sup>2</sup>をデバイス材料側から照射した。上記流れ出た転写材はアセトンで除去する。この実施例で用いた転写材は「嫌気性」であるため流れ出た転写材は硬化しない。

【0104】転写材の硬化に際しては、必要に応じて、上記状態で120℃で30分間ポストキュアしてもよい。このようにして転写材を完全に硬化させる。

【0105】次いで、母型を転写材から剥離するが、母型の「表面処理」の効果のため容易に剥離出来た。勿論、剥離の容易性のためには、表面処理の効果だけではなく、母型の「表面粗さが小さい」ことも当然に必要である。

【0106】剥離の前に、母型とデバイス基板を共に裏打ちし、専用の治具（少なくとも一方は透明材料）に冷却もしくは加熱機構によってヒートショックを与えると、剥離作業が容易である。以上が「転写工程」である。

【0107】なお、転写材の材料樹脂の性質を調整し、光硬化性の特性を強化すると、紫外線照射後に樹脂が収縮して、母型からの剥離性が増した。但し、この場合は、転写材が厚み方向に、当初の91 $\mu$ mから86.5 $\mu$ mに収縮したため、転写された転写楔形状は、母型の凸形状よりも高さの低い形状となった。

【0108】続いて、エッチング工程を行った。

【0109】ECRプラズマエッチング装置を用いて、Ar, CHF<sub>3</sub>, O<sub>2</sub>ガスを導入して、 $2\sim 3\times 10^{-4}$ Torrの条件下（選択比：1）で900分エッチングし、転写材表面の転写楔形状をデバイス材料に彫り写した。

【0110】この実施例における具体的データは以下の通りである。

母型における凸形状：

配列ピッチ：250μm

凸形状の高さ：91.0μm

斜面部の傾き角（θ）：20°

スペーサーの厚さ：94±2μm

転写材に転写された転写楔形状：マイクロプリズム状

配列ピッチ：250μm

転写楔形状の高さ：86.5μm

斜面部の傾き角（β）：19.1°

エッチング工程後のデバイス材料に形成された楔形状：

配列ピッチ：250μm

楔形状の高さ：90.2μm

斜面部の傾き角（α）：19.8°

母型の凸形状とデバイス材料の楔形状との差異

配列ピッチ：250μm

高さの差：0.8μm

傾き角の差（Δθ）：0.2°

このようにして形成された光学デバイスは、上記楔形状をプリズム屈折面とするマイクロプリズムとして使用できる。

【0111】実施例2（請求項4記載の発明の実施例）

実施例1と全く同様にして製作した金型を用い、同様の転写工程を行い、転写材表面に転写楔形状をマイクロプリズム状に形成した（図2（a）参照）。

【0112】次に、ECRプラズマエッチング装置を用いて、Ar, CHF<sub>3</sub>, O<sub>2</sub>ガスを導入し、 $2\sim 3\times 10^{-4}$ Torrの条件下で選択比を1としてエッチングを開始し、徐々にO<sub>2</sub>ガスを導入量を減少させて選択比を増加させ、最終的には1.8まで変化させてエッチング工程（1490分）を実行し、転写材表面の転写楔形状をデバイス材料に彫り写した（図2（b））。

【0113】この実施例における具体的データは以下の通りである。

母型における凸形状：

配列ピッチ：250μm

凸形状の高さ：91.0μm

斜面部の傾き角（θ）：20°

スペーサーの厚さ：94±2μm

転写材に転写された楔形状：マイクロプリズム状

配列ピッチ：250μm

転写楔形状の高さ：86.5μm

斜面部の傾き角（β）：19.1°

エッチング工程後のデバイス材料に形成された楔形状：

配列ピッチ：250μm

楔形状の高さ：110.5μm

斜面部（凹曲面）の近似円筒面の曲率半径：R=337.8μm

形状誤差：PRt=2.32μm

このようにして形成された光学デバイスは、上記楔形状の斜面部を凹屈折面とするマイクロプリズムとして使用できる。

【0114】実施例3（請求項4記載の発明の実施例）

10 実施例1と全く同様にして製作した金型を用い、実施例1と全く同様に転写工程を行い、転写材表面に転写楔形状をマイクロプリズム状に形成した（図2（a）参照）。

【0115】次に、ECRプラズマエッチング装置を用いて、Ar, CHF<sub>3</sub>, O<sub>2</sub>ガスを導入し、 $2\sim 3\times 10^{-4}$ Torrの条件下で選択比を1としてエッチングを開始し、徐々にO<sub>2</sub>ガスを導入量を増加させて選択比を減少させ、最終的には0.1まで変化させてエッチング工程を実施し（625分）、転写材表面の転写楔形状をデバイス材料に彫り写した（図2（c））。

【0116】この実施例における具体的データは以下の通りである。

母型における凸形状：

配列ピッチ：250μm

凸形状の高さ：91.0μm

斜面部の傾き（θ）：20°

スペーサーの厚さ：94±2μm

転写材に転写された楔形状：マイクロプリズム状

配列ピッチ：250μm

30 転写楔形状の高さ：86.5μm

斜面部の傾き（β）：19.1°

エッチング工程後のデバイス材料に形成された楔形状：

配列ピッチ：250μm

楔形状の高さ：63.3μm

斜面部（凸曲面）の近似円筒面の曲率半径：R=528.4μm

形状誤差：PRt=4.16μm

40 このようにして形成された光学デバイスは、上記楔形状の斜面部を凸屈折面とするマイクロプリズムとして使用できる。

【0117】実施例4（請求項8記載の発明の実施例）

請求項8記載の光学デバイスは、所謂フレネルレンズの光学性能を有する。

【0118】この実施例では、レンズ部をなす楔形状の高さ（光軸方向の高さ）が一定で、楔形状の配列ピッチが光軸から離れるに従って狭くなるように形成される。

【0119】図3を参照して説明する。図3に示すデバイス材料10としてSF-60材料の「平行平板」を使用した。板厚は0.5mmである。転写楔形状を型転写するための転写材11としては、アクリル材料100%

で構成される嫌気性の紫外線硬化性材料（接着剤）を使用した。

【0120】母型31としては、無酸素銅材料の表面に電気Ni鍍金を施し、超精密加工機によって、予め、凸形状のパターン32として「フレネルレンズ形状に対応したパターン」を形成したものである。

【0121】上記凸形状のパターン32は、平面図形状が円形で高さ（図3（a）に記号：hで示す）が30μmの凸形状を、有効径：1mmの円形領域内に、同心円状に、且つ配列ピッチが150μmから25μmまで変化するようにして、9個並べたパターンである。隣接する凸形状間の間隔は、図3（a）に示すように、同心円の中心軸から離れるに従って狭くなっている。

【0122】母型31の転写面（凸形状の同心円パターン）は、Ar、CF<sub>4</sub>を導入ガスとして用いたプラズマ処理によって表面層がフッ素化処理されている。

【0123】母型31の凸形状パターン32を上に向け、母型31上の3箇所に厚さ：30±1μmのスペーサー（図示されず）を配置した。

【0124】次いで、母型31の上面に上記嫌気性の紫外線硬化性材料による転写材11を塗布したのち、合成石英材料の平行平板であるデバイス材料10を転写材11上から静かに乗せ、転写材11とデバイス材料10の間、および母型31と転写材の間に含まれた気泡を泡出した。

【0125】さらに、デバイス材料10の上方から均一に加重をかけて、母型31・スペーサー・デバイス材料10の3者が接触して3層構造を形成するまで保持する。このとき、余分の転写材は、母型とデバイス材料の間から流れ出る。

【0126】加重を取り除いたのち、図3（b）に示すように、転写材11の硬化に十分な紫外光2500mJ/cm<sup>2</sup>を、透明なデバイス材料10を介して照射した。流れ出た転写材はアセトンで除去した。この実施例で用いた転写材は「嫌気性」であるため、流れ出た転写材は硬化しない。

【0127】このようにして、転写材11を完全に硬化させる。この例では、転写材11はアクリル100%であるので「加熱による硬化」は必要としない。

【0128】その後、母型31をデバイス材料10上の転写材11から剥離する。この際、母型31の表面処理の効果のため容易に剥離出来た（図3c）。以上が「転写工程」である。

【0129】次に、表面に転写楔形状33を型転写された転写材11を有するデバイス材料10（図3（c））を、ECRプラズマエッチング装置内にセットし、Ar、CHF<sub>3</sub>、O<sub>2</sub>ガスを導入し、2~3×10<sup>-4</sup>Torrの条件下で、選択比を当初1として異方性のドライエッチングを開始し、徐々にO<sub>2</sub>ガスの導入量を増加させることによって選択比を減少させ、最終的には選択比を

0.1まで変化させた。

【0130】このような条件で710分間エッチングし、転写材11表面の転写楔形状をデバイス材料に彫り写した（図3（d））。

【0131】選択比が次第に減少するので、彫り写された楔形状34では、楔の頂部が鈍磨した形状となり、楔形状34の高さ（図3（d）に記号h'で示す）は、転写楔形状33の高さの2/3である20μmに縮小されている。

10 【0132】この実施例における具体的データは以下の通りである。

母型における凸形状（フレネルレンズ形状に対応したパターン）：

凸形状の高さ：30.0μm

光軸から周辺部への楔形状の配列ピッチ：

150μm, 65μm, 60μm, 50μm, 40μm, 35μm, 32.5μm, 30μm, 25μm

光軸から周辺部への楔形状の平均傾き（θ）：

11.31度, 20.56度, 26.57度, 30.96度, 36.87度, 40.60度, 42.71度, 45.00度, 50.19度

デバイス材料に彫り写された楔形状：

楔形状の高さ：20.0μm

光軸から周辺方向への楔形状の斜面部の平均傾き角：

5.56度, 13.48度, 17.97度, 21.85度, 24.94度, 27.47度, 29.77度, 31.45度, 33.18度

楔形状の斜面部の近似形状は、周知の非球面式：

$$Z = (1/R) h^2 / \{ 1 + \sqrt{1 - (K+1)(1/R)^2 h^2} \} + Ah^4 + Bh^6 + Ch^8$$

R：光軸上の曲率半径

h：光軸からの距離

K：円錐定数

A, B, C：それぞれ、4次、6次、8次の非球面係数

Z：レンズ頂点からの光軸方向の距離

において、

R=0.768mm

K=-1.000013

A=0.09875

40 B=C=0

とした形状であり、波長1.3μmの光に対する焦点距離は1.0mmであり、有効径は1.0mmである。

【0133】上記方法によって、SF-60（波長：1.3μmの光に対する屈折率：1.76817）で形成される「凸球面マイクロフレネルレンズ」を製作できた。

【0134】また、これをマスターとして用い、蒸着、スパッタ、電鍍を繰り返し、型取りし、プラスチック成形用の金型を製作した。この金型を使用し、PMMA材料を用いて成形したプラスチックフレネルレンズは、焦

点距離： $f=1.536\text{mm}$ （使用波長： $550\text{nm}$ ）  
の光学素子として使用できた。

【0135】凸形状のパターンとして、平面図形状が円形状の凸形状を、等間隔同心円状に配備し、凸形状の高さが中心軸を離れるに従い小さくなるような転写型形状を持つ母型を用い、実施例5と同様の加工方法を用いれば、「個々のリング状レンズの楔形状の配列ピッチが一定で、光軸から離れるに従ってレンズ高さが低くなる光学デバイス」を製作できることは容易に理解されるであろう。

【0136】実施例5（請求項9記載の発明の実施例）  
実施例5の光学デバイスは、所謂シリンダフレネルレンズの1種であり、楔形状によるシリンダレンズが、長手方向に直交する方向へ互いに平行に配列し、レンズ部をなす楔形状の高さが一定で、楔形状のピッチが一方へ順次狭くなるものである。

【0137】図4（a）において、符号10で示すデバイス材料は、実施例4におけると同じく、厚さ $0.5\text{mm}$ のSF-60の平行平板である。

【0138】符号11で示す転写材は、アクリル材料100%で構成される嫌気性の紫外線硬化性材料（接着剤）である。

【0139】母型41は、無酸素銅材料の表面に電気Ni鍍金を施し、超精密加工機によって、予め、凸形状のパターン42として「シリンダフレネルレンズ形状に対応したパターン」を超精密加工形成したものである。

【0140】即ち、図4（a）において、図面に直交する方向を稜線方向とする楔形の凸形状（長さ： $5\text{mm}$ ）を、長さ方向に直交する方向（図の左右方向）に、互いに平行に配列した。凸形状の高さ（図4（a）の記号Hで示す）は一律 $15\mu\text{m}$ 、凸形状の配列ピッチは図の左右方向において順次に狭くなっている。

【0141】実施例4における型転写と同様にして、転写材11の表面への凸形状の型転写を行い（図4（b））、母型41を剥離して、図4（c）に示すように、デバイス材料10上の転写材11の表面に転写楔形状42'が形成された状態を実現した（転写工程）。

【0142】図4（c）の状態のものをECRプラズマエッチング装置にセットし、 $\text{Ar}$ 、 $\text{CHF}_3$ 、 $\text{O}_2$ ガスを導入して、 $2\sim3\times10^{-4}\text{Torr}$ の条件下で、当初、選択比を1としてエッチングを開始し、徐々に $\text{O}_2$ ガスを導入量を減少させて選択比を増加させ、最終的には選択比を1.8まで増加させた。

【0143】このようなエッチング条件で650分、異方性のドライエッチングを行い、転写材11表面の転写楔形状42'を、デバイス材料10に彫り写し、図4（d）に示すような断面形状のデバイス材料を得た。

【0144】具体的データは以下の通りである。

母型における凸形状（断面楔状の凸形状を1方向へ配列した形状）：

凸形状の高さ： $15.0\mu\text{m}$

凸形状配列方向における凸形状の配列ピッチ：

$150\mu\text{m}$ 、 $65\mu\text{m}$ 、 $60\mu\text{m}$ 、 $50\mu\text{m}$ 、 $40\mu\text{m}$ 、 $35\mu\text{m}$ 、 $32.5\mu\text{m}$ 、 $30\mu\text{m}$ 、 $25\mu\text{m}$

凸形状配列方向における1端部から他端部への凸形状の平均傾き角：

$5.71^\circ$ 、 $13.0^\circ$ 、 $14.04^\circ$ 、 $16.70^\circ$ 、 $20.56^\circ$ 、 $23.20^\circ$ 、 $24.78^\circ$ 、 $26.57^\circ$ 、 $30.96^\circ$

10 転写材に型転写により形成された転写楔形状：

転写楔形状の高さ： $20.0\mu\text{m}$

転写楔形状の配列方向における斜面部の平均傾き角：

$5.56^\circ$ 、 $13.48^\circ$ 、 $17.97^\circ$ 、 $21.85^\circ$ 、 $24.94^\circ$ 、 $27.47^\circ$ 、 $29.77^\circ$ 、 $31.45^\circ$ 、 $33.18^\circ$

デバイス材料に形成された楔形状の近似形状：

楔形状の高さ： $20\mu\text{m}$

近似円筒面の曲率半径： $R=-0.768\text{mm}$

焦点距離： $1.0\text{mm}$ （波長 $1.3\mu\text{m}$ ）

20 長手方向レンズ長さ： $5\text{mm}$

有効配列幅： $1\text{mm}$

上記の如くして、マイクロシリンダフレネルレンズを製作できた。

【0145】実施例5（請求項10記載の発明の実施例）

上記実施例2または3と同様の原理で製作する光学素子は、多芯光ファイバースイッチング及びコネクタ用の光学デバイスに使用することが可能である。

30 【0146】この光学デバイスは、複数の光ファイバから出射する光の方向を個別的に補正するための光学素子であり、楔形状の斜面部を曲面（シリンダ面あるいは非球面形状）としたことを特徴としている。

【0147】多芯光ファイバによる微細光ビームアレイを用いたフリースペース光スイッチでは、構成部品間の位置バラツキによる「ビーム伝搬方向のバラツキ」が問題となり、微細光ビーム伝搬方向の補正を行うことが必要である。

40 【0148】図5において、光ファイバ $F_1$ 、 $F_2$ 、 $F_3$ 、 $F_4$ 等から射出した光束は、各ファイバに対応したマイクロレンズ $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$ 、 $L_4$ 等を有するマイクロレンズアレイMLAの各マイクロレンズにより平行光束化され微細光ビームアレイとなる。

【0149】個々の光ファイバ $F_i$ 等の位置バラツキがあるため、上記平行光束化された微細光ビームアレイを構成する、個々の微細光ビーム相互は、必ずしも平行ではなく、光ファイバ $F_i$ 等に対応して設けられた他の光ファイバアレイへの光結合を行ったり、スイッチングを行ったりするためには、微細光ビームアレイの個々の伝搬方向の光軸補正を個別的に行わねばならない。

50 【0150】この光軸補正を1次元的に行うものとし

て、液晶マイクロプリズムアレイが提案されている（1994年「応用物理学会」春季大会 30a-G-8 山本他、1993年「通信学会」春季大会 B-457 山本他、S. Sato et al., Liquid crystal, Vol. 15, P. 1435, 1989等）

この液晶マイクロプリズムアレイは、図5に示すように、マイクロプリズムアレイMPAと液晶LQと平行平板ガラス100とから構成されている。

【0151】マイクロプリズムアレイMPAには、図面に直交する方向を長手方向とする楔形状によるマイクロプリズム $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$ 、 $P_4$ 等が、光ファイバー $F_1$ 等と1:1に対応して形成されている。

【0152】マイクロプリズムアレイMPAの他方の面と、この面に平行に対向して配備された平行平板ガラス100との間には液晶LQが挟持されている。マイクロプリズムアレイMPAの平坦な面には透明電極101が設けられ、平行平板ガラス100の面には透明電極102が設けられている。

【0153】透明電極101は光ファイバー $F_1$ 等の配列に応じてアレイ化され、透明電極102は、アレイ化された透明電極101全体に対する共通電極になっている。

【0154】透明電極101と透明電極102とにより液晶LQに電界を作用させると、電界の大きさに応じて液晶LQの屈折率が変化する。

【0155】従って、例えば、マイクロプリズム $P_1$ の部分に対応する透明電極101と透明電極102の間に電圧を印加することにより、光ファイバー $F_1$ から射出され、平行平板ガラス100から射出する微細光ビームの向きを、電圧の大きさに応じて、図5の上下方向へ偏向させることができる。

【0156】従って、図5に示すような液晶マイクロプリズムアレイを2組用い、各組におけるマイクロプリズムの配列方向が直交するように、これら液晶マイクロプリズムアレイを組み合わせれば、2次元的な光ファイバーアレイからの微細光ビームアレイの各微細光ビームの向きを個別的に補正することができる。

【0157】従来、上記形状のマイクロプリズムは、加工刃物を専用の角度に特注製作し、マイクロラインダーで石英の表面を加工していた。しかしこの加工方法では、表面粗さが粗く光学面としては使用できない、平坦加工される面積が狭く光線有効範囲が非常に狭い、プリズム谷部の形状がシャープに製作出来ない、等の問題があった。

【0158】図5に示すような構造を有する液晶マイクロプリズムアレイを以下の如くして製作した。

【0159】以下の如きデータの凸形状を有する母型を用い、実施例3と全く同様にして転写工程を行った。

【0160】母型における凸形状：

配列ピッチ：250  $\mu\text{m}$

凸形状の高さ：8.5  $\mu\text{m}$

斜面部の傾き角( $\theta$ )：1.95°

スペーサーの厚さ：9 $\pm$ 0.5  $\mu\text{m}$

転写工程により、転写材表面に以下の如きデータの転写楔形状が形成された。

【0161】転写材に転写された転写楔形状：マイクロプリズム形状

配列ピッチ：250  $\mu\text{m}$

10 転写楔形状の高さ：8.1  $\mu\text{m}$

斜面部の傾き角( $\beta$ )：1.86°

次に、ECRプラズマエッチング装置を用いて、Ar、CHF<sub>3</sub>、O<sub>2</sub>ガスを導入し、2 $\sim$ 3 $\times$ 10<sup>-4</sup>Torrの条件下で、選択比を当初は1として異方性のドライエッチングを行い、徐々にO<sub>2</sub>ガスを導入量を増加させて選択比を減少させ、最終的には選択比を0.1まで減少させた。この条件で60分エッチングし、転写材表面の転写楔形状をデバイス材料に彫り写した。

【0162】エッチング工程後のデバイス材料に形成された楔形状：

配列ピッチ：250  $\mu\text{m}$

楔形状の高さ：5.5  $\mu\text{m}$

斜面部の近似円筒面の曲率半径：R=2.733mm

形状誤差：PRt=2.16  $\mu\text{m}$

焦点距離：f=6.1mm

このようにして、同一のマイクロプリズムアレイを2枚形成した。これらマイクロプリズムアレイの個々と、平板ガラスとの間に液晶材料（Merck社製、BDL009）を封入して液晶マイクロプリズムとする。

30 【0163】各マイクロプリズムアレイの裏面に配置する電極と、平板ガラスに配置された電極とに間に電圧を加えると、電圧に比例して液晶の配向方向が、電圧2.8V以下では、0 $\sim$ 7°の範囲で直線的に変化する。

【0164】従って、この範囲では、電圧を変化することによって各微細光ビーム毎に射出角度を変化させることが可能となる。

40 【0165】上記方法によって製作した2組の液晶マイクロプリズムアレイを、各組におけるマイクロプリズムのアレイ配列方向が互いに直角になるように配置する。これら2組の液晶マイクロプリズムアレイにおけるマイクロプリズム同志の組合せとして「250  $\mu\text{m}$ 四方のセル」ができる。

【0166】このセルの個々に光ファイバー1本1本を対応させ、光ファイバーそれぞれの光軸ズレ量に応じて、電圧を0 $\sim$ 2.7Vの範囲で印加して各セルの液晶による屈折角度を調整し、2次元的に配置してある多芯光ファイバーの光軸補正を、独立したセル毎に角度補正することを可能とした。

50 【0167】その結果、最大位置バラツキ105  $\mu\text{m}$ に配列されている、光ビームアレイ8 $\times$ 8チャンネルの多

芯光ファイバー（64個のファイバー）の光軸補正を上記液晶マイクロプリズムアレイの組合せを使用することによって、数 $\mu\text{m}$ 以内に配列することが可能となった。

【0168】また、上記光ビームアレイ8×8チャンネルの多芯光ファイバーから出射した光をCCDで受光した時の光の集光効率、 $\phi 20\mu\text{m}$ で12%であった。

【0169】この原理を利用すれば、多芯光ファイバースイッチング及びコネクタ用の光学デバイスに使用することが可能である。

【0170】

【発明の効果】以上のように、この発明に依れば新規な光学デバイスおよび光学デバイス製造方法を提供できる（請求項1～10）。

【0171】請求項1～6記載の発明は、上記の如く構成されているから、平面状、曲面状等、種々の斜面部形状を持つ、楔形状を1以上、用意且つ確実に、精度良く有する光学デバイスを製造できる。

【0172】請求項7～9記載の発明によれば、上記、平面状、曲面状の斜面部形状を精度良く形成された楔形

状を持つ光学デバイスを実現できる。

【0173】また請求項10記載の発明によれば、多芯光ファイバー光軸合わせ光学デバイスを実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】請求項1記載の発明を説明するための図である。

【図2】請求項4記載の発明を説明するための図である。

【図3】請求項8記載の発明を説明するための図である。

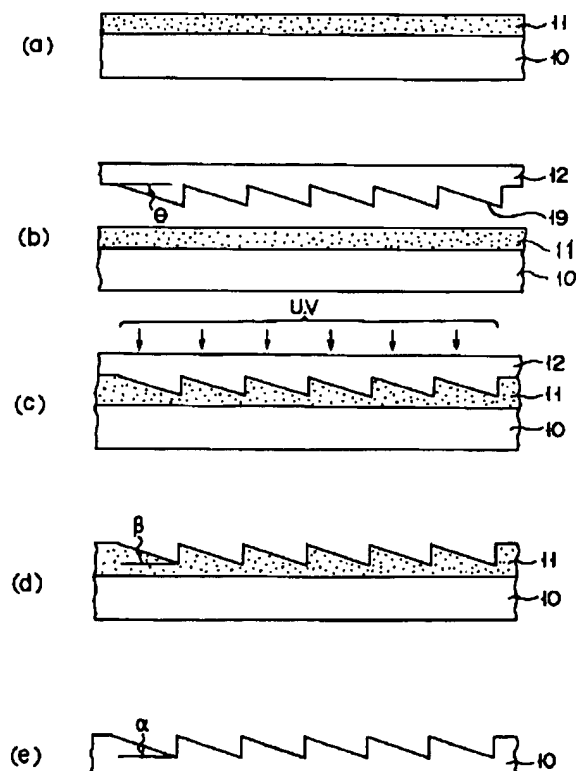
【図4】請求項9記載の発明を説明するための図である。

【図5】請求項10記載の発明を説明するための図である。。

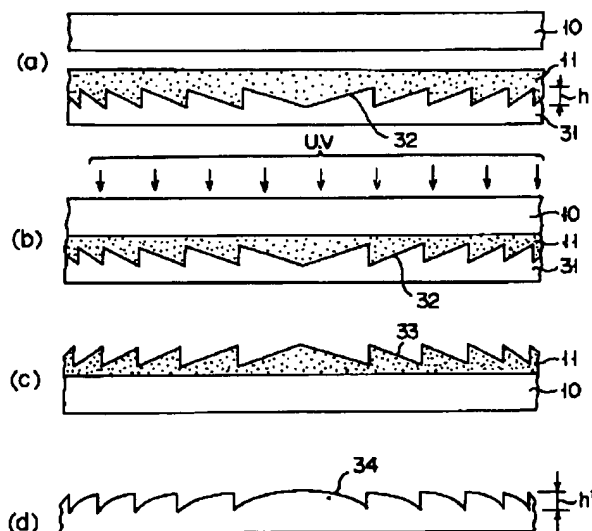
【符号の説明】

- |    |        |
|----|--------|
| 10 | デバイス材料 |
| 11 | 転写材料   |
| 12 | 母型     |

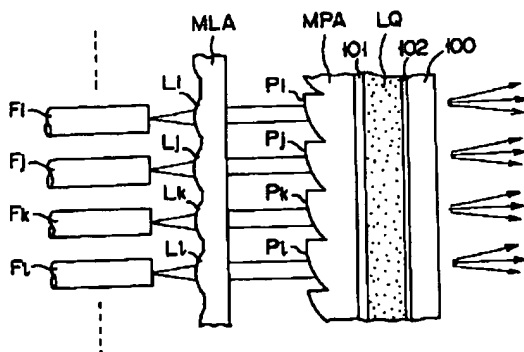
【図1】



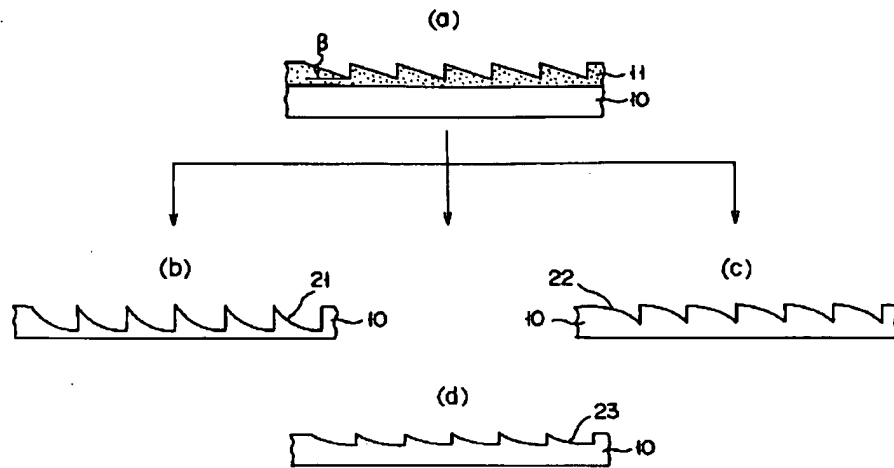
【図3】



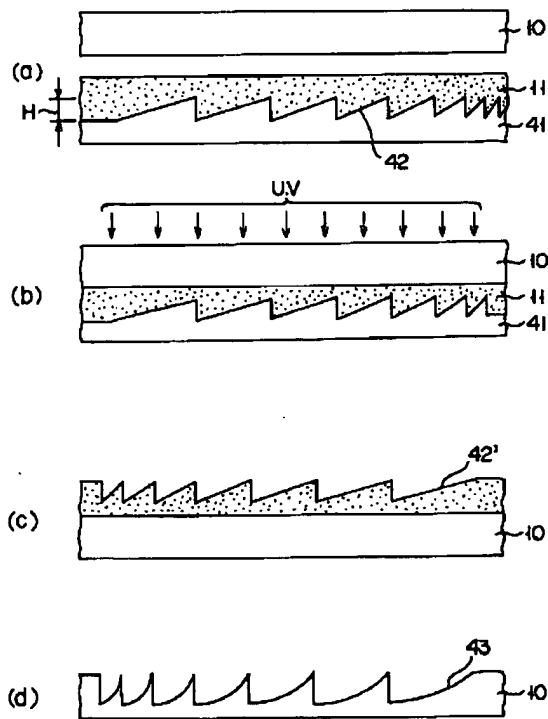
【図5】



【図 2】



【図 4】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 2 B 5/18

// B 2 9 L 11:00